

7c

PATENTSTYRET

02-05-23*20010397

79046-BF

2001 0397

2002-05-23

Tittel:

Fremgangsmåte og innretning for styring av posisjonen av en gjenstand

Oppfinnelsens område

Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for styring av posisjonen av en gjenstand som befinner seg i vann, mot en referanseposisjon som er konstant over tid, ved hvilken
 5 den virkelige posisjon av gjenstanden måles, denne målte posisjon sammenliknes med referanseposisjonen som ønskes for gjenstanden, krefter som skal anvendes på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen, beregnes på grunnlag av den nevnte sammenlikning, og de således beregnede krefter anvendes på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen. Videre angår oppfinnelsen en innretning for
 10 utførelse av en slik fremgangsmåte.

Gjenstanden kan være hvilken som helst type gjenstand som er nedsenket i forskjellig grad i vann, så som et skip, en plattform for forskjellige typer av arbeid til sjøs, så som for oljeboring, dykkingsoperasjoner, kabeloperasjoner, løfteoperasjoner, lasting og lossing av last, brennstoff eller olje, for å nevne noen eksempler.

15 Den posisjon som ønskes er en fast posisjon, slik at styringen utføres for å holde gjenstanden, så som et marint fartøy, i den samme posisjon, men gjenstanden kan i overensstemmelse med dette være konstruert for transport under andre tidsperioder, slik som i tilfellet med et skip. Uttrykket "konstant over tid" betyr således ikke for alltid, men for den tidsperiode under hvilken styringsmetoden skal anvendes på gjenstanden.

20 Oppfinnelsen er også spesielt anvendelig på situasjoner hvor forholdsvis barske forhold kan forekomme, hvilket gjør en innretning for styring av posisjonen av vedkommende gjenstand sterkt ønsket, så som langt ute til sjøs hvor innvirkningen av strømmer, vind og bølger på vedkommende gjenstand kan være betydelige og variere i vesentlig grad over tid.

25 Formålet med en fremgangsmåte og en innretning av denne type er følgelig å motvirke disse krefter som anvendes av naturen på gjenstanden, for å holde gjenstanden i den nevnte ønskede posisjon.

Kjent teknikk

30 En innretning og en fremgangsmåte av den type som er angitt i beskrivelsens innledning, er allerede kjent og skal nå beskrives kortfattet idet det henvises til de vedlagte fig. 1 og 2. Man vil nå anta at gjenstanden er et fartøy som er plassert ute til sjøs og som skal holdes i en posisjon som er fast over tid. Denne gjenstand er således dynamisk posisjonert, og dennes posisjon p kan beskrives som

$$35 \quad p = \begin{pmatrix} x \\ y \\ \varphi \end{pmatrix} \quad (1)$$

x, y og ϕ er de jordfikserte posisjoner, dvs. henholdsvis nord, øst og kompasskurs (den vinkel som dannes med nord-retningen), som vist for en gjenstand 1 på fig. 1. Ordet "posisjon" slik det benyttes i denne beskrivelse, må følgelig tolkes slik at det eventuelt også inneholder en retningsinformasjon, dvs. en orientering av gjenstanden, bortsett fra posisjonskoordinatene. Vind, havstrømmer og bølger kan påvirke gjenstanden i retning bort fra denne ønskede referanseposisjon. På fig. 2 er det vist hvordan et fartøy i form av en plattform av denne type er forsynt med et antall drivanordninger i form av trustere eller rorpropeller 2 som manøvreres for å anvende de krefter som er nødvendige for å tvinge gjenstanden i retning mot referanseposisjonen, dvs. for kontinuerlig å holde den så nær som mulig til denne posisjon. En "truster" er en generell innretning som er i stand til å frembringe krefter på gjenstanden/fartøyet. Eksempler er alle typer av propeller (hovedpropeller, tunnel-trustere, kompass-trustere), vannstråler, ror eller hvilken som helst annen aktiv eller passiv innretning med det formål å bidra ved styringen av fartøyet. Disse trustere er fortrinnsvis individuelt innstillbare med hensyn til retningen av de krefter som anvendes av disse på gjenstanden.

De forstyrrelser og andre krefter som virker på fartøyet, betegnes τ_d og består av omgivelsesbelastninger, så som vind, havstrømmer og høyere ordens bølgebelastninger og andre ytre belastninger, så som krefter på grunn av kabler, trosser, fortøyingssystem og kranoperasjoner. Disse forstyrrelser kan separeres i tre deler i overensstemmelse med:

$$\tau_d = \tau_b + \tau_{sv} + \tau_{rv} \quad (2)$$

hvor τ_b inneholder mer eller mindre konstante forbelastningskrefter mens τ_{sv} og τ_{rv} inneholder ukjente null – middels langsomt hhv. hurtig varierende krefter. Styringsinnmatingen for innretninger av denne allerede kjente type er blitt beregnet som τ_{PID} i overensstemmelse med følgende formel (3):

$$\tau_{PID} = k_p (p_{ref} - p) - k_v \hat{p} - k_j \int_0^t (p_{ref} - p) dt \quad (3)$$

hvor p_{ref} er den referanseposisjon som ønskes for gjenstanden, p er den målte posisjon for gjenstanden, \hat{p} er den anslåtte hastighet av gjenstanden, og k_p , k_v og k_j kan være konstante eller tidsvarierende matriser. Alle ledd kan beskrives i overensstemmelse med ovenstående posisjon, dvs. omfattende x-, y- og ϕ komponenter, og den styringskraft som skal anvendes på gjenstanden, kan også beskrives som:

$$\tau_{PID} = \begin{pmatrix} \tau_x \\ \tau_y \\ \tau_\phi \end{pmatrix} \quad (4)$$

Det første av de tre ledd $-k_p(p_{ref} - p)$ beskriver posisjonsfeilen, det andre ledd

$-k_v \dot{p}$ beskriver hastighetsfeilen, og det tredje ledd $-k_j \int (p_{ref} - p)dt$, vil når det er riktig avstemt, kompensere for den konstante forbelastningsforstyrrelse τ_b i (2).

Integralleddet kompenserer følgelig for konstante krefter ved å danne middelverdien av alle ytre krefter som virker på gjenstanden over en lengre tid. Det skal bemerkes at vesentlige styrekrefter τ_{PID} kan være nødvendige selv om $p_{ref} = p$ for å hindre gjenstanden i å forlate den ønskede posisjon, og dersom i et slikt tilfelle ingen krefter i det hele tatt ble anvendt på gjenstanden, ville posisjonsfeilen raskt bli uakseptabelt stor. Videre ville det koste en masse ekstra energi å korrigere posisjonen når denne har drevet altfor langt bort fra den ønskede referanseposisjon.

Selv om denne type av eksisterende metoder og innretninger for styring av posisjonen av en gjenstand i vann fungerer godt, er det alltid et ønske om å foreta forbedringer av disse, da meget høye omkostninger ofte er innblandet. Når det dreier seg om en oljeboringsrigg som den nevnte gjenstand, er dennes masse betydelig, og det stilles høye krav til den nevnte innretning, så som et antall trustere, for anvendelse av styrekreftene på riggen, og dennes effektforbruk er vesentlig. Dette betyr at driftsforholdene og driftsresultatene ville bli betydelig forbedret dersom en forbedring av posisjonsytelsen var mulig.

Sammendrag av oppfinnelsen

Formålet med oppfinnelsen er å tilveiebringe en fremgangsmåte og en innretning av den innledningsvis angitte type som er forbedret i det minste i noen aspekter i forhold til fremgangsmåtene og innretningene av denne type som er beskrevet foran.

Dette formål oppnås ved tilveiebringelse av en slik fremgangsmåte ved hvilken en verdi av gjenstandens akselerasjon også etableres, og hvor beregningen av de nevnte krefter utføres under hensyntagen til den således etablerte akselerasjonsverdi.

Innføringen av akselerasjonen kan gjøres i overensstemmelse med formelen (5):

$$\tau = \tau_{PID} + \tau_{FF} - h_a(f) \ddot{p} \quad (5)$$

hvor τ_{FF} er et foroverkopplings-ledd, $h_a(f)$ er en eller annen type filter, og \ddot{p} er den akselerasjonsverdi som etableres for gjenstanden. Det skal påpekes at oppfinnelsen på ingen måte er begrenset til denne formel (5), og leddet τ_{PID} kan erstattes av et ledd som er forskjellig fra τ_{PID} slik som foran angitt. Innføringen av en akselerasjonsverdi i beregningen av de krefter som skal anvendes på gjenstanden for å styre denne i retning mot den ønskede referanseposisjon, resulterer i en rekke fordeler. Det er lettere å detektere en akselerasjon enn en hastighet, og en akselerasjon kan detekteres meget tidlig, slik at styringskreftene raskt kan tilpasses til de omstendigheter som er fremherskende for øyeblikket. Akselerasjonen kan allerede være ganske høy uten noe merkbart avvik av posisjonen eller noen merkbart hastighet av gjenstanden. Det ville da

være meget fordelaktig å gripe inn og anvende krefter som motvirker det fremtidige resultat av en slik akselerasjon, før den virkelige posisjonen er blitt endret altfor mye og før gjenstanden har oppnådd en betydelig hastighet. Oppfinnelsen sørger følgelig for den mulighet å forbedre posisjonsytelsen ved å redusere det midlere avvik av gjenstandens posisjon fra den nevnte referanseposisjon. Videre kan den føre til en mer ensartet belastning på drivanordningene for innretningen, så som trustere, for anvendelse av krefter på gjenstanden som forlenger dennes levetid. Drivstoffeffektivitet til en slik innretning kan også forbedres. Ved noen anvendelser kan det også være mulig å redusere antall drivanordninger for en slik innretning og fremdeles oppnå de samme posisjonsytelser som ved hjelp av de tidligere kjente anordninger, dersom dette skulle være en foretrukket løsning.

Ifølge en foretrukket utførelse a oppfinnelsen etableres den nevnte verdi av gjenstandens akselerasjon helt eller delvis ved hjelp av en virkelig måling av gjenstandens akselerasjon. Således blir et "akselerasjonssignal" (filtrert estimat eller hva det måtte være) som er helt eller delvis (i den betydning at andre målinger og/eller styreinngangssignaler også kan benyttes) basert på en virkelig akselerasjonsmåling, implisitt eller eksplisitt benyttet for beregningen av de styrekrefter som skal anvendes på gjenstanden. Dette er en helt ny løsningsmåte for posisjonsstyring, da allerede kjente fremgangsmåter benytter bare posisjonsmålinger.

Ifølge en annen foretrukket utførelse av oppfinnelsen innføres den således etablerte akselerasjonsverdi som en del av et ledd som har en innvirkning på de nevnte beregnede krefter som øker med størrelsen av dette ledd. Et eksempel på dette er illustrert i ovenstående formel (5).

Ifølge en annen foretrukket utførelse av oppfinnelsen multipliseres den nevnte del av akselerasjonsverdiledet med en forsterkningsfaktor som bestemmer innvirkningen av den etablerte akselerasjon på de krefter som benyttes for å styre gjenstanden mot referanseposisjonen. Et eksempel på en slik forsterkningsfaktor er når $h_a(f) = k_a$ i formel (5) (se den etterfølgende diskusjon), og størrelsen av denne faktor vil bestemme hvor kraftig posisjonsstyringen reagerer på en akselerasjon av gjenstanden. Dersom denne forsterkningsfaktor innstilles på et høyt nivå, vil følgelig styringen være meget følsom for akselerasjoner, og posisjonsytelsene vil bli forbedret. En høyere forsterkningsfaktor stiller imidlertid selvsagt også høyere krav til den maksimumseffekt som er tilgjengelig ved hjelp av anordninger for anvendelse av kreftene på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen. Følgelig vil det bli foretrukket å tilpasse forsterkningsfaktoren for tilpasning av posisjonsstyringsprosedyren til nøyaktighetskravene til denne for å finne et optimum med hensyn til de nevnte nøyaktighetskrav og omkostningene for en innretning som benyttes til å anvende de beregnede krefter på gjenstanden. Denne forsterkningsfaktor kan i realiteten betraktes som en masseverdi, og det har vist seg å være fordelaktig å velge forsterkningsfaktoren slik at de krefter som

anvendes på gjenstanden, vil være større enn $m\ddot{p}$, hvor m er gjenstandens masse og \ddot{p} er den nevnte etablerte akselerasjonsverdi. En slik høy forsterkningsfaktor har vist seg å være nødvendig, da den etablerte akselerasjonsverdi vil være forholdsvis lav, men store krefter er nødvendige for å tvinge gjenstanden, så som en oljeboringsrigg, tilbake til en referanseposisjon.

Ifølge andre foretrukne utførelser av oppfinnelsen utføres fremgangsmåten i en lukket tilbakekoplingssløyfe, og målingen av gjenstandens posisjon og etableringen av dennes akselerasjonsverdi så vel som beregningen av de nevnte krefter utføres i hovedsaken kontinuerlig, med det formål å holde gjenstanden kontinuerlig i referanseposisjonen, hvilket selvsagt er ønskelig for å holde posisjonsavvikelsene og brennstofforbruket lave/lavt.

Forskjellige utførelser av oppfinnelsen angående en kombinasjon av innføringen av akselerasjonsverdien i den nevnte beregning og fremgangsmåtene ifølge den kjente teknikk er angitt i de andre uselvstendige krav.

Ifølge en annen foretrukket utførelse av oppfinnelsen blir komponenter av gjenstandens akselerasjon som endrer seg med en høy frekvens, filtrert ut og ikke tatt i betraktning ved etablering av gjenstandens akselerasjonsverdi. Slike høye frekvenskomponenter er for eksempel komponenter som har frekvensen til havbølger i vannet. Disse akselerasjonskomponenter endrer seg altfor raskt til å tas i betraktning, og må filtreres ut. Å ta hensyn til disse ville bare resultere i unødvendig forstyrret drift av drivanordningene som benyttes for å realisere de nødvendige krefter. Den mest dominerende virkning av bølgene er de høyere ordens bølgekrefter som har en innvirkning på gjenstanden som endrer seg i overensstemmelse med en mye lavere frekvens, og den akselerasjon som skriver seg fra disse bølge- eller sjøkrefter, vil bli tatt i betraktning av den foreliggende oppfinnelse. Ifølge andre foretrukne utførelser av oppfinnelsen styres posisjonen av et marint fartøy for å holde dette fartøy i en fast posisjon, og det nevnte marine fartøy er hensiktsmessig en oljeboringsrigg for hvilken det er av stor betydning å ha en høy posisjonsnøyaktighet.

Funksjonen av og fordelene ved en innretning ifølge oppfinnelsen og de foretrukne utførelser av denne ifølge de etterfølgende innretningskrav fremgår klart ut fra den foregående beskrivelse av utførelser ifølge de tilsvarende fremgangsmåtekrav.

Oppfinnelsen angår også et datamaskinprogram og et datamaskinlesbart medium ifølge de tilsvarende etterfølgende krav. Det er lett å forstå at oppfinnelsen slik den er angitt i de etterfølgende fremgangsmåtekrav, er velegnet for å utføres av programinstruksjoner fra en prosessor som opereres av et datamaskinprogram som er forsynt med vedkommende programtrinn.

Ytterligere fordeler så vel som fordelaktige særtrekk ved oppfinnelsen fremgår av den etterfølgende beskrivelse og de andre uselvstendige krav.

Kort beskrivelse av tegningene

En spesifikk beskrivelse av foretrukne utførelser av oppfinnelsen som er angitt som eksempler, skal beskrives nærmere i det følgende under henvisning til tegningene, der

fig. 1 er et skjematisk riss som illustrerer en gjenstand i alminnelighet og hvordan dennes posisjon bestemmes,

fig. 2 viser et meget skjematisk riss av en plattform i form av en oljeboringsrigg på hvilken det er anbrakt en innretning for styring av dennes posisjon i overensstemmelse med oppfinnelsen,

fig. 3 viser en forenklet grafisk fremstilling som benyttes for å forklare oppfinnelsen, og

fig. 4-8 er diagrammer som er oppnådd ved hjelp av simuleringer for henholdsvis nord-posisjonen av en gjenstand som funksjon av tiden, de resulterende stampevinkler for gjenstanden som funksjon av tiden, Fouriertransformasjonen av gjenstandens nord-posisjon, Fouriertransformasjonen av gjenstandens stampebevegelse og det totale effektforbruk av trustere for posisjonsstyringen av gjenstanden som funksjon av tiden, for en fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen som tar i betraktning gjenstandens akselerasjon (heltrukne linjer), og for en tidligere kjent fremgangsmåte som ikke tar i betraktning gjenstandens akselerasjon (prikkede linjer).

Nærmere beskrivelse av foretrukne utførelser av oppfinnelsen

På fig. 2 er det skjematisk vist hvordan en innretning ifølge oppfinnelsen for styring av posisjonen av en gjenstand (oljeboringsrigg) omfatter en anordning 3 for måling av den virkelige posisjon av gjenstanden ved et tidspunkt, en anordning 4 for sammenlikning av den målte posisjon med en referanseposisjon som ønskes for gjenstanden ved dette tidspunkt, en anordning 6 for etablering av en verdi av gjenstandens akselerasjon ved dette tidspunkt, og en anordning 7 for beregning av krefter som skal anvendes på gjenstanden for å tvinge denne i retning mot en referanseposisjon. Innretningen omfatter også en innretning 8 med et antall trustere 2 for anvendelse av de nevnte krefter på gjenstanden for å tvinge denne mot referanseposisjonen. Anordningen for etablering av akselerasjonsverdien er kombinert med en anordning 9 for utfiltrering av komponenter av akselerasjonen som endrer seg med høy frekvens av størrelsesorden frekvensen til havbølger, slik at disse ikke tas i betraktning av beregningsanordningen 7.

Vi betrakter følgende en lavfrekvent dynamisk modell av legemets (gjenstandens) bevegelse, hvilket betyr at modellens oppførsel er tilstrekkelig korrekt når man benytter konstant akselerasjonstilbakekopling τ_a ifølge formel (6), selv når akselerasjonssignalet er blitt filtrert:

$$\tau_a = h_a(f) \ddot{p} \quad (6)$$

Dette betyr at

$$m \cdot \ddot{p} + D \dot{p} + kp = \tau_{PID} + \tau_{FF} - h_a(f) \ddot{p} \quad (7)$$

$$(m + h_a(f)) \ddot{p} = D \dot{p} - kp + \tau_{PID} + \tau_{FF} \quad (8)$$

hvor D er en dempning forårsaket av systemet, så som "vannfriksjon", og m er gjenstandens masse.

Dette betyr at akselerasjonstilbakekoplingen kan betraktes som en virtuell økning av systemets masse. En fordel er at dette system er gjort mindre følsomt overfor de ukjente, langsomt varierende forstyrrelser τ_{sv} , mens reguleringen med lukket sløyfe benyttes. Slik som allerede angitt foran, er konsekvensene av innføring av akselerasjonen i posisjonsstyringen forbedret posisjonsytelse, anvendelse av mindre svingende trustere og forbedret brennstoffeffektivitet for trusterne. Dette betyr en mulighet til å redusere amplituden av avvikelsene (svingningene) av gjenstanden rundt den ønskede referanseposisjon. Den totaleffekt som skal benyttes, eller det brennstofforbruk som er nødvendig for opprettholdelse av en posisjon med en bestemt nøyaktighet, kan reduseres i betydelig grad. Det er imidlertid mulig å benytte den samme mengde effekt og brennstoff som tidligere, men i stedet å forbedre den nevnte nøyaktighet. Dersom det ikke er noe ønske om å øke nøyaktigheten, kan det imidlertid være mulig å redusere antall trustere, for eksempel å benytte fire i stedet for fem, for oppnåelse av denne nøyaktighet, takket være mindre effekt som er nødvendig for dette. Det er meget kostbart å holde for eksempel en oljeboringsrigg i en fast posisjon for boring, og en reduksjon av effektforbruket for denne med f.eks. 10 % ville resultere i en enorm besparelse av omkostninger.

Dersom $h_a(f)$ (se formlene (6) – (8)) velges å være lik k_a slik som videre omtalt ovenfor, vil denne virke som en forsterkningsfaktor, hvilken kan være konstant eller varierende med tiden og i virkeligheten kan betraktes som en masseverdi addert til gjenstandens virkelige masse. I stedet er det imidlertid mulig å benytte formel (9):

$$h_a(f) = k_a \frac{1}{1 + T_a f} \quad (9)$$

Dette betyr at dette ledd slik det innføres i beregningene, vil virke som et lavpassfilter. Dersom man setter $m = 1$, $T_a = 1$, $k_a = 3$ for denne størrelse $h_a(f)$ og for hvilket som helst annet lineært lavpassfilter, ved lave frekvenser, dvs. $f \rightarrow 0$, er akselerasjonssløyfen aktiv og massen øker til $(m + h_a)(0) = m + k_a$, hvilket er ekvivalent med en konstant akselerasjonstilbakekopling. På den annen side, når f øker, konvergerer den virtuelle masse mot den virkelige masse m , slik at $(m + h_a)(\infty) = m$. Økningen av masse betyr at uønskede akselerasjoner som forstyrrelsene forårsaker, vil bli dempet.

Anvendelsen av filtre (eller for den del tidsvarierende forsterkninger) på akselerasjonssignalene og også på de andre, tilveiebringer en økning i fleksibilitet av styre- eller reguleringsmetoden.

Fig. 3 illustrerer radien r som definerer posisjonsnøyaktigheten til en innretning ifølge oppfinnelsen, hvor linjen 10 angir den grense som gjenstandens posisjon aldri vil passere når det antas at referanseposisjonen er beliggende i sentrum O av koordinatsystemene. For oppfinnelsen gjelder formel (10):

$$r = k \cdot \frac{1}{1 + k_A} \quad (10)$$

hvor k er en konstant. Dette illustrerer hvordan radien og derved nøyaktigheten øker med en økende forsterkningsfaktor k_A . Ved i økende grad å ta gjenstandens akselerasjon i betraktning, dvs. ved å øke forsterkningsfaktoren k_A , vil det følgelig være mulig å holde seg innenfor et snevrere område som er definert ved radien.

Simuleringer er blitt utført for en halvt nedsenkbar borerigg. Riggen ble utsatt for vind med midlere hastighet 24 m/s, en strøm med midlere hastighet 0,3 m/s og bølger med en signifikant bølgehøyde på 8 meter og en spissperiode på 12 sekunder. Alle omgivelsesbelastninger angrep riggen fra en gjennomsnittlig retning på 10 grader, dvs. fra nord-nord-øst. Dette betyr at når den ønskede kurs var $\varphi = 0$ grader, var det hovedsakelig bølgedynamikken som ble eksponert. Simuleringen ble kjørt i 3 600 sekunder, og akselerasjonstilbakekoplingen ifølge oppfinnelsen ble innkoplet eller aktivert ved $t = 1\,800$ sekunder. k_A ble valgt å være lik $2m \approx 132 \cdot 10^6$ kg. Resultatene av simuleringene er vist i diagrammene på fig. 4-8. Fig. 4 illustrerer nord-posisjonen x med (heltrukket) og uten (stiplet) akselerasjonstilbakekopling for plattformen, mens fig. 5 illustrerer de resulterende stampevinkler med (heltrukket) og uten (stiplet) akselerasjonstilbakekopling ifølge oppfinnelsen. Man legger merke til at faseforsinkelsen i trustersignalet er blitt redusert med akselerasjonstilbakekoplingen, hvilket betyr at det er mulig å motvirke den varierende forstyrrelse før denne slår ut i hastighets- og posisjonsavvikelser. Fouriertransformasjonene av nord-posisjonen x med (heltrukket) og uten (stiplet) akselerasjonstilbakekopling, og stampebevegelse med (heltrukket) og uten (stiplet) akselerasjonstilbakekopling er vist på fig. 6 og 7 og viser at svingningene er blitt dempet i vesentlig grad. Slik som forutsagt, viser simuleringene at posisjonen ble forbedret og en mindre varians i det beordrede trusterkraftsignal ble oppnådd. Det er verd å merke seg at den opprinnelige PID-liknende regulator var uforandret, hvilket betyr at det er mulig at ytelsen definert som posisjonsnøyaktighet kan forbedres enda mer med riktig avstemning av denne.

Fig. 8 illustrerer det totale truster-effektorbruk med (heltrukket) og uten (stiplet) akselerasjonstilbakekopling, og variansen er også her blitt redusert. Det midlere effektforbruk ble imidlertid redusert med bare én prosent. I det minste økte ikke det totale effektforbruk på bekostning av forbedret posisjonsnøyaktighet.

Oppfinnelsen er selvsagt ikke på noen måte begrenset til den foretrukne utførelse som er beskrevet foran, men mange muligheter for modifikasjoner av denne vil være åpenbare for en gjennomsnittsfagmann på området uten å avvike fra den grunnleggende idé ved oppfinnelsen slik den er definert i etterfølgende krav.

5 En slik person kan uten noe problem nevne en rekke forskjellige komponenter som er tilgjengelige i handelen, for benyttelse som hver av de nevnte anordninger som er omtalt foran.

10

15

20

25

30

35

79046-BF

2002-05-23

P a t e n t k r a v

5

1. Fremgangsmåte for styring av posisjonen av en gjenstand som befinner seg i vann, mot en referanseposisjon som er konstant over tid, ved hvilken den virkelige posisjon av gjenstanden måles, denne målte posisjon sammenliknes med referanseposisjonen som ønskes for gjenstanden, krefter som skal anvendes på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen, beregnes på grunnlag av den nevnte sammenlikning, og de således beregnede krefter anvendes på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen, **karakterisert ved** at det også etableres en verdi av gjenstandens akselerasjon, og at beregningen av de nevnte krefter utføres under hensyntagen til den således etablerte akselerasjonsverdi.

15

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den nevnte verdi av gjenstandens akselerasjon etableres totalt eller delvis ved hjelp av en virkelig måling av gjenstandens akselerasjon.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 2, **karakterisert ved** at den nevnte verdi av gjenstandens akselerasjon etableres ved direkte måling av akselerasjonen.

20

4. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-3, **karakterisert ved** at den således etablerte akselerasjonsverdi innføres som en del av et ledd som har en innvirkning på de beregnede krefter som øker med størrelsen av dette ledd.

25

5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, **karakterisert ved** at den nevnte del av akselerasjonsverdileddet multipliseres med en forsterkningsfaktor som bestemmer innvirkningen av den etablerte akselerasjon på de krefter som benyttes for å styre gjenstanden mot referanseposisjonen.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, **karakterisert ved** at forsterkningsfaktoren innstilles for tilpasning av posisjonsstyreprosedyren til nøyaktighetskravene til denne, slik at forsterkningsfaktoren økes når de nevnte krav økes.

30

7. Fremgangsmåte ifølge krav 6, **karakterisert ved** at forsterkningsfaktoren innstilles slik at de krefter som anvendes på gjenstanden, vil være større enn $m\ddot{p}$, hvor m er gjenstandens masse og \ddot{p} er den etablerte akselerasjonsverdi.

35

8. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-7, **karakterisert ved** at den utføres i en lukket tilbakekoplingsløyfe.

9. Fremgangsmåte ifølge krav 8, **karakterisert ved** at målingen av gjenstandens posisjon og etableringen av dennes akselerasjonsverdi så vel som beregningen av de nevnte krefter utføres i hovedsaken kontinuerlig, med det formål å holde gjenstanden kontinuerlig i referanseposisjonen.

10. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-9, **karakterisert ved** at en verdi av gjenstandens hastighet etableres og sammenliknes med en referansehastighet som ønskes for gjenstanden ved det nevnte tidspunkt, og at beregningen av de nevnte krefter utføres under hensyntagen til resultatet av denne sammenlikning av hastigheter.

5 11. Fremgangsmåte ifølge krav 10, **karakterisert ved** at hastighetsverdien etableres ved å estimere gjenstandens hastighet.

12. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at integralet av differansen mellom referanseposisjonen og den målte posisjon over tid dannes, og at resultatet av denne integrasjon benyttes for å danne en middelvei av
10 alle konstante ytre krefter som anvendes på gjenstanden, og at den nevnte beregning av de krefter som skal anvendes på gjenstanden, utføres under hensyntagen til denne middelvei av konstante ytre krefter.

13. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at posisjonen omfattende to koordinater i horisontalplanet til et kartesisk koordinatsystem måles og sammenliknes med en referanseposisjon som omfatter tilsvarende
15 koordinater.

14. Fremgangsmåte ifølge krav 13, **karakterisert ved** at den målte posisjon og referanseposisjonen også omfatter gjenstandens orientering i horisontalplanet til det nevnte koordinatsystem.

20 15. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at forskjellige krefter anvendes på gjenstanden for å påvirke gjenstanden på forskjellig måte.

16. Fremgangsmåte ifølge krav 15, **karakterisert ved** at de nevnte krefter anvendes på gjenstanden for å påvirke gjenstanden langs en første linje og/eller en
25 andre linje normalt på den første, og/eller for å dreie om en vertikal akse gjennom gjenstandens virkelige posisjon.

17. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at komponenter av gjenstandens akselerasjon som endrer seg med en høy frekvens, filtreres ut og ikke tas i betraktning ved etablering av gjenstandens akselerasjonsverdi.

30 18. Fremgangsmåte ifølge krav 17, **karakterisert ved** at akselerasjonskomponenter som har en frekvens til havbølger i vannet, filtreres ut.

19. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at posisjonen til et skip styres for å holde skipet i en fast posisjon.

20. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-18, **karakterisert ved** at
35 posisjonen til et marint fartøy styres for å holde dette fartøy i en fast posisjon.

21. Fremgangsmåte ifølge krav 20, **karakterisert ved** at det er posisjonen til et marint fartøy i form av en oljeboringsrigg som styres.

22. Innretning for styring av posisjonen av en gjenstand som befinner seg i vann, mot en referanseposisjon som er konstant over tid, omfattende en anordning (3)

for måling av gjenstandens virkelige posisjon, en anordning (4) for sammenlikning av den målte posisjon med den nevnte referanseposisjon som ønskes for gjenstanden (1), en anordning (7) for beregning av krefter som skal anvendes på gjenstanden for å tvinge denne mot referanseposisjonen på grunnlag av resultatet av den nevnte sammenlikning, og et apparat (8) for anvendelse av de nevnte krefter på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen, **karakterisert ved** at den også omfatter en anordning (6) som er innrettet til å etablere en verdi av gjenstandens akselerasjon ved det nevnte tidspunkt, og at beregningsanordningen er innrettet til å ta hensyn til den nevnte akselerasjonsverdi under beregningen av de nevnte krefter.

23. Innretning ifølge krav 22, **karakterisert ved** at den nevnte anordning (6) er innrettet til å etablere en verdi av gjenstandens akselerasjon totalt eller delvis ved hjelp av en virkelig måling av gjenstandens akselerasjon.

24. Innretning ifølge krav 23, **karakterisert ved** at anordningen (6) er innrettet til å etablere en verdi av gjenstandens akselerasjon ved direkte måling av gjenstandens akselerasjon.

25. Innretning ifølge ett av kravene 22-24, **karakterisert ved** at beregningsanordningen (7) er innrettet til å basere beregningen av de krefter som skal anvendes på gjenstanden, på et ledd som har den etablerte akselerasjonsverdi som en del av dette, idet innvirkningen av det nevnte ledd på de beregnede krefter øker med størrelsen av dette ledd.

26. Innretning ifølge krav 25, **karakterisert ved** at beregningsanordningen (7) er innrettet til å multiplisere den nevnte del av akselerasjonsverdiledet med en forsterkningsfaktor som bestemmer innvirkningen av den etablerte akselerasjon på de krefter som benyttes for styring av gjenstanden mot referanseposisjonen.

27. Innretning ifølge ett av kravene 22-26, **karakterisert ved** at den omfatter en anordning (5) for etablering av en verdi av gjenstandens hastighet og sammenlikning av denne verdi med en referansehastighet som ønskes for gjenstanden ved det nevnte tidspunkt, og at den nevnte anordning (7) er innrettet til å beregne de nevnte krefter mens den tar hensyn til resultatet av denne sammenlikning av hastigheter.

28. Innretning ifølge ett av kravene 22-27, **karakterisert ved** at den nevnte anordning (3) er innrettet til å måle en posisjon av gjenstanden omfattende to koordinater i horisontalplanet til et kartesisk koordinatsystem, og at den nevnte anordning (4) er innrettet til å sammenlikne disse koordinater med de tilsvarende koordinater til referanseposisjonen.

29. Innretning ifølge krav 28, **karakterisert ved** at den nevnte anordning (3) er innrettet til å måle en posisjon og sammenlikne denne med en referanseposisjon, idet begge også omfatter gjenstandens orientering i horisontalplanet til det nevnte koordinatsystem.

30. Innretning ifølge ett av kravene 22-29, **karakterisert ved** at det nevnte apparat (8) omfatter et antall drivanordninger (2) som er innrettet til å anvende en drivende kraft på gjenstanden (1) for å påvirke gjenstanden i forskjellige retninger.

31. Innretning ifølge krav 30, **karakterisert ved** at drivanordningene er rorpropeller (2).

32. Innretning ifølge krav 30 eller 31, **karakterisert ved** at drivanordningene (2) er innrettet til å påvirke gjenstanden langs en første horisontal linje og/eller en andre horisontal linje normalt på den første, og/eller til å dreie om en vertikal akse gjennom gjenstandens virkelige posisjon.

33. Innretning ifølge ett av kravene 22-32, **karakterisert ved** at den omfatter en anordning (9) for utfiltrering av komponenter av gjenstandens akselerasjon som endrer seg med en høy frekvens, for ikke å tas i betraktning ved etablering av gjenstandens akselerasjonsverdi.

P a t e n t k r a v

5 1. Fremgangsmåte for styring av posisjonen av en gjenstand som befinner seg i vann, mot en referanseposisjon som er konstant over tid, ved hvilken den virkelige posisjon av gjenstanden måles, denne målte posisjon sammenliknes med referanseposisjonen som ønskes for gjenstanden, krefter som skal anvendes på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen, beregnes på grunnlag av den
10 nevnte sammenlikning, og de således beregnede krefter anvendes på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen, **karakterisert ved** at det også etableres en verdi av gjenstandens akselerasjon, og at beregningen av de nevnte krefter utføres under hensyntagen til den således etablerte akselerasjonsverdi.

15 2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den nevnte verdi av gjenstandens akselerasjon etableres totalt eller delvis ved hjelp av en virkelig måling av gjenstandens akselerasjon.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 2, **karakterisert ved** at den nevnte verdi av gjenstandens akselerasjon etableres ved direkte måling av akselerasjonen.

20 4. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-3, **karakterisert ved** at den således etablerte akselerasjonsverdi innføres som en del av et ledd som har en innvirkning på de beregnede krefter som øker med størrelsen av dette ledd.

25 5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, **karakterisert ved** at den nevnte del av akselerasjonsverdileddet multipliseres med en forsterkningsfaktor som bestemmer innvirkningen av den etablerte akselerasjon på de krefter som benyttes for å styre gjenstanden mot referanseposisjonen.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, **karakterisert ved** at forsterkningsfaktoren innstilles for tilpasning av posisjonsstyreprosedyren til nøyaktighetskravene til denne, slik at forsterkningsfaktoren økes når de nevnte krav økes.

30 7. Fremgangsmåte ifølge krav 6, **karakterisert ved** at forsterkningsfaktoren innstilles slik at de krefter som anvendes på gjenstanden, vil være større enn mg , hvor m er gjenstandens masse og g er den etablerte akselerasjonsverdi.

8. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-7, **karakterisert ved** at den utføres i en lukket tilbakekoplingsløkke.

35 9. Fremgangsmåte ifølge krav 8, **karakterisert ved** at målingen av gjenstandens posisjon og etableringen av dennes akselerasjonsverdi så vel som beregningen av de nevnte krefter utføres i hovedsaken kontinuerlig, med det formål å holde gjenstanden kontinuerlig i referanseposisjonen.

10. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-9, **karakterisert ved** at en verdi av gjenstandens hastighet etableres og sammenliknes med en referansehastighet som

ønskes for gjenstanden ved det nevnte tidspunkt, og at beregningen av de nevnte krefter utføres under hensyntagen til resultatet av denne sammenlikning av hastigheter.

11. Fremgangsmåte ifølge krav 10, **karakterisert ved** at hastighetsverdien etableres ved å estimere gjenstandens hastighet.

12. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at integralet av differansen mellom referanseposisjonen og den målte posisjon over tid dannes, og at resultatet av denne integrasjon benyttes for å danne en middelvei av alle konstante ytre krefter som anvendes på gjenstanden, og at den nevnte beregning av de krefter som skal anvendes på gjenstanden, utføres under hensyntagen til denne middelvei av konstante ytre krefter.

13. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at posisjonen omfattende to koordinater i horisontalplanet til et kartesisk koordinatsystem måles og sammenliknes med en referanseposisjon som omfatter tilsvarende koordinater.

14. Fremgangsmåte ifølge krav 13, **karakterisert ved** at den målte posisjon og referanseposisjonen også omfatter gjenstandens orientering i horisontalplanet til det nevnte koordinatsystem.

15. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at forskjellige krefter anvendes på gjenstanden for å påvirke gjenstanden på forskjellig måte.

16. Fremgangsmåte ifølge krav 15, **karakterisert ved** at de nevnte krefter anvendes på gjenstanden for å påvirke gjenstanden langs en første linje og/eller en andre linje normalt på den første, og/eller for å dreie om en vertikal akse gjennom gjenstandens virkelige posisjon.

17. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at komponenter av gjenstandens akselerasjon som endrer seg med en høy frekvens, filtreres ut og ikke tas i betraktning ved etablering av gjenstandens akselerasjonsverdi.

18. Fremgangsmåte ifølge krav 17, **karakterisert ved** at akselerasjonskomponenter som har en frekvens til havbølger i vannet, filtreres ut.

19. Fremgangsmåte ifølge ett av de foregående krav, **karakterisert ved** at posisjonen til et skip styres for å holde skipet i en fast posisjon.

20. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-18, **karakterisert ved** at posisjonen til et marint fartøy styres for å holde dette fartøy i en fast posisjon.

21. Fremgangsmåte ifølge krav 20, **karakterisert ved** at det er posisjonen til et marint fartøy i form av en oljeboringsrigg som styres.

22. Innretning for styring av posisjonen av en gjenstand som befinner seg i vann, mot en referanseposisjon som er konstant over tid, omfattende en anordning (3) for måling av gjenstandens virkelige posisjon, en anordning (4) for sammenlikning av den målte posisjon med den nevnte referanseposisjon som ønskes for gjenstanden (1),

en anordning (7) for beregning av krefter som skal anvendes på gjenstanden for å tvinge denne mot referanseposisjonen på grunnlag av resultatet av den nevnte sammenlikning, og et apparat (8) for anvendelse av de nevnte krefter på gjenstanden for å tvinge den mot referanseposisjonen, **karakterisert ved** at den også omfatter en anordning (6) som er innrettet til å etablere en verdi av gjenstandens akselerasjon ved det nevnte tidspunkt, og at beregningsanordningen er innrettet til å ta hensyn til den nevnte akselerasjonsverdi under beregningen av de nevnte krefter.

23. Innretning ifølge krav 22, **karakterisert ved** at den nevnte anordning (6) er innrettet til å etablere en verdi av gjenstandens akselerasjon totalt eller delvis ved hjelp av en virkelig måling av gjenstandens akselerasjon.

24. Innretning ifølge krav 23, **karakterisert ved** at anordningen (6) er innrettet til å etablere en verdi av gjenstandens akselerasjon ved direkte måling av gjenstandens akselerasjon.

25. Innretning ifølge ett av kravene 22-24, **karakterisert ved** at beregningsanordningen (7) er innrettet til å basere beregningen av de krefter som skal anvendes på gjenstanden, på et ledd som har den etablerte akselerasjonsverdi som en del av dette, idet innvirkningen av det nevnte ledd på de beregnede krefter øker med størrelsen av dette ledd.

26. Innretning ifølge krav 25, **karakterisert ved** at beregningsanordningen (7) er innrettet til å multiplisere den nevnte del av akselerasjonsverdileddet med en forsterkningsfaktor som bestemmer innvirkningen av den etablerte akselerasjon på de krefter som benyttes for styring av gjenstanden mot referanseposisjonen.

27. Innretning ifølge ett av kravene 22-26, **karakterisert ved** at den omfatter en anordning (5) for etablering av en verdi av gjenstandens hastighet og sammenlikning av denne verdi med en referansehastighet som ønskes for gjenstanden ved det nevnte tidspunkt, og at den nevnte anordning (7) er innrettet til å beregne de nevnte krefter mens den tar hensyn til resultatet av denne sammenlikning av hastigheter.

28. Innretning ifølge ett av kravene 22-27, **karakterisert ved** at den nevnte anordning (3) er innrettet til å måle en posisjon av gjenstanden omfattende to koordinater i horisontalplanet til et kartesisk koordinatsystem, og at den nevnte anordning (4) er innrettet til å sammenlikne disse koordinater med de tilsvarende koordinater til referanseposisjonen.

29. Innretning ifølge krav 28, **karakterisert ved** at den nevnte anordning (3) er innrettet til å måle en posisjon og sammenlikne denne med en referanseposisjon, idet begge også omfatter gjenstandens orientering i horisontalplanet til det nevnte koordinatsystem.

30. Innretning ifølge ett av kravene 22-29, **karakterisert ved** at det nevnte apparat (8) omfatter et antall drivanordninger (2) som er innrettet til å anvende en drivende kraft på gjenstanden (1) for å påvirke gjenstanden i forskjellige retninger.

31. Innretning ifølge krav 30, **karakterisert ved** at drivanordningene er rorpropeller (2).

32. Innretning ifølge krav 30 eller 31, **karakterisert ved** at drivanordningene (2) er innrettet til å påvirke gjenstanden langs en første horisontal linje og/eller en andre horisontal linje normalt på den første, og/eller til å dreie om en vertikal akse gjennom gjenstandens virkelige posisjon.

33. Innretning ifølge ett av kravene 22-32, **karakterisert ved** at den omfatter en anordning (9) for utfiltrering av komponenter av gjenstandens akselerasjon som endrer seg med en høy frekvens, for ikke å tas i betraktning ved etablering av gjenstandens akselerasjonsverdi.

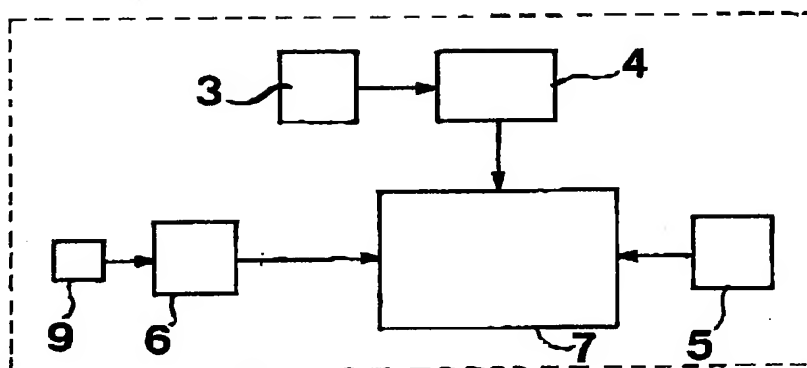
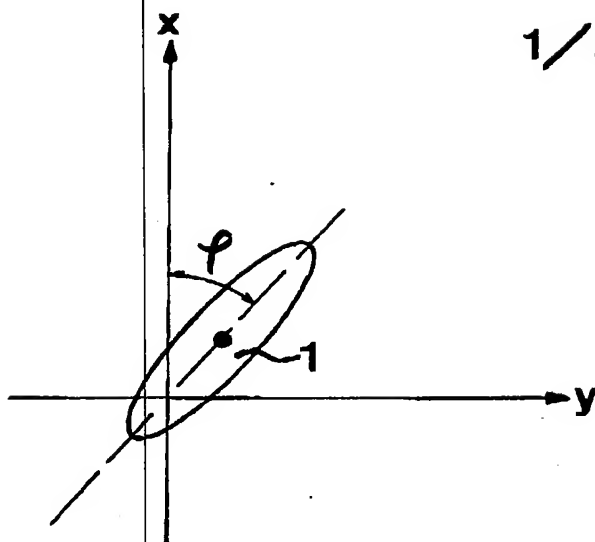
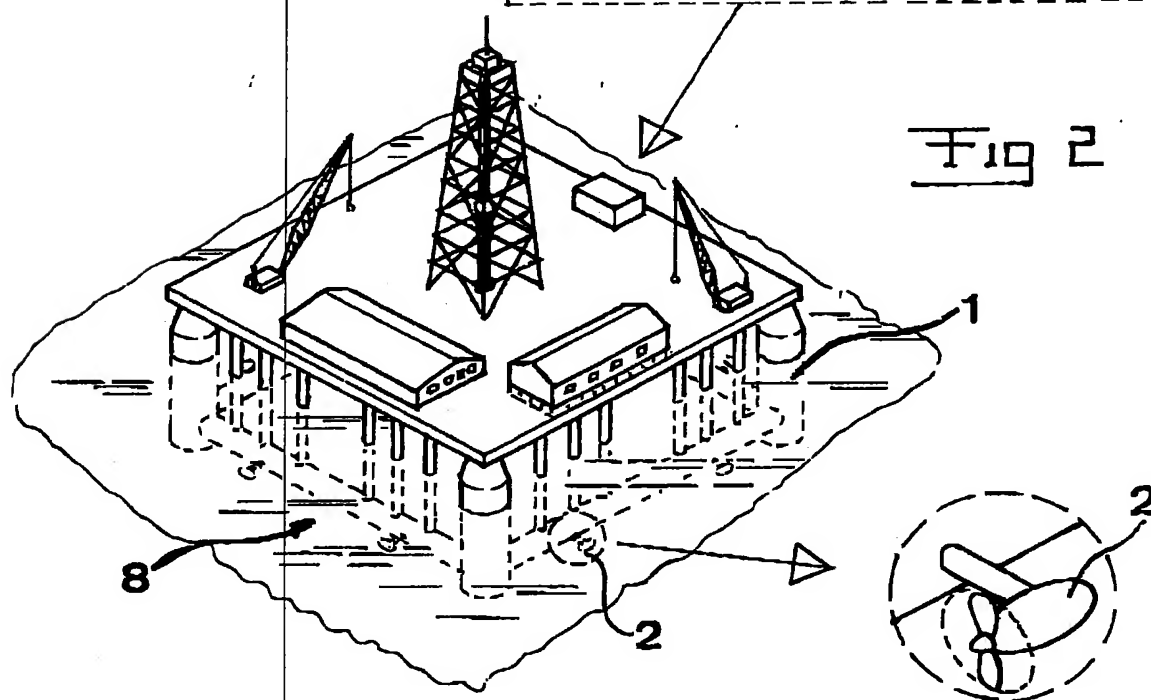
Sammendrag

En innretning for styring av posisjonen av en gjenstand som befinner seg i vann, mot en referanseposisjon som er konstant over tid, omfatter en anordning (3) for måling av gjenstandens virkelige posisjon, en anordning (4) for sammenlikning av den målte posisjon med en referanseposisjon som ønskes for gjenstanden, en anordning (7) for beregning av krefter som skal anvendes på gjenstanden for å tvinge denne mot referanseposisjonen på grunnlag av resultatet av den nevnte sammenlikning, og en innretning (2, 8) for anvendelse av de nevnte krefter på gjenstanden (1) for å tvinge denne mot referanseposisjonen. Innretningen omfatte også en anordning (6) som er egnet til å etablere en verdi av gjenstandens akselerasjon ved det aktuelle tidspunkt. Beregningsanordningen (7) er egnet til å ta hensyn til den nevnte akselerasjonsverdi under beregningen av de nevnte krefter.

(Fig. 2)

No 2001 0397

1/5

Fig 1Fig 2

2/5

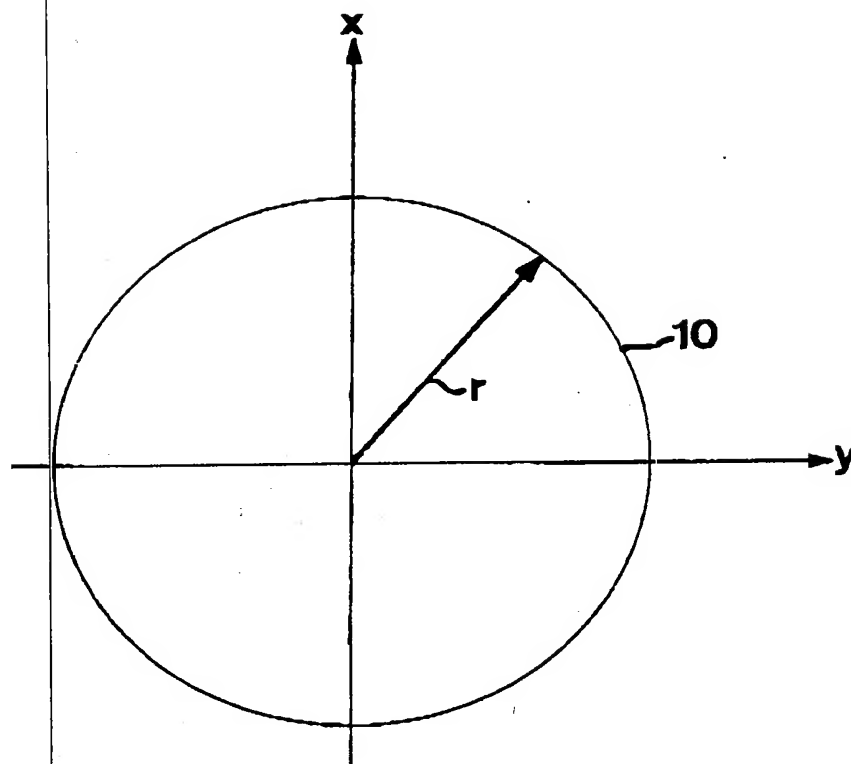


Fig 3

3/5

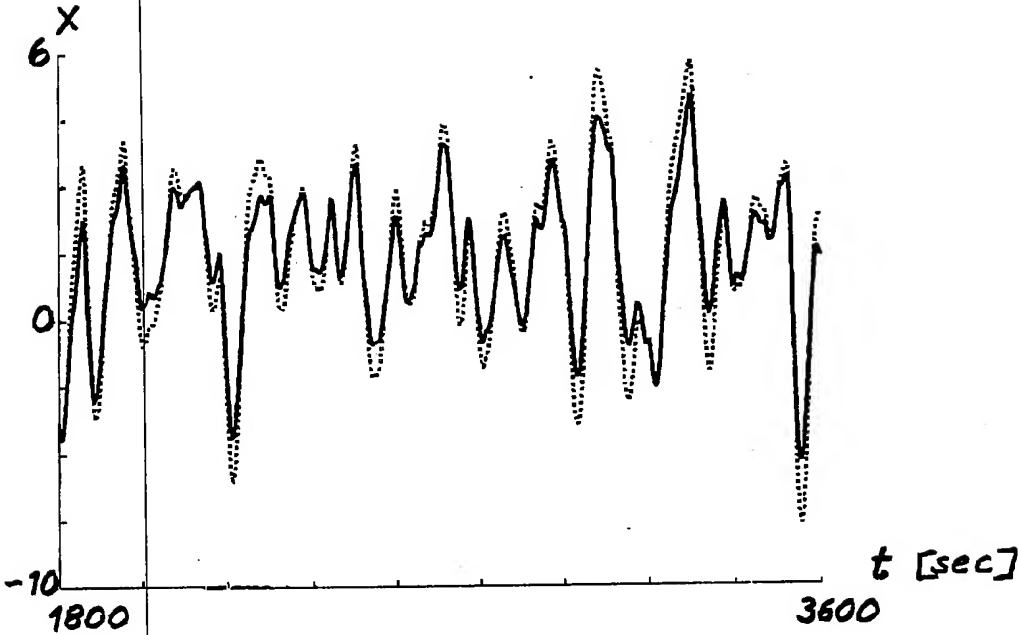


Fig 4

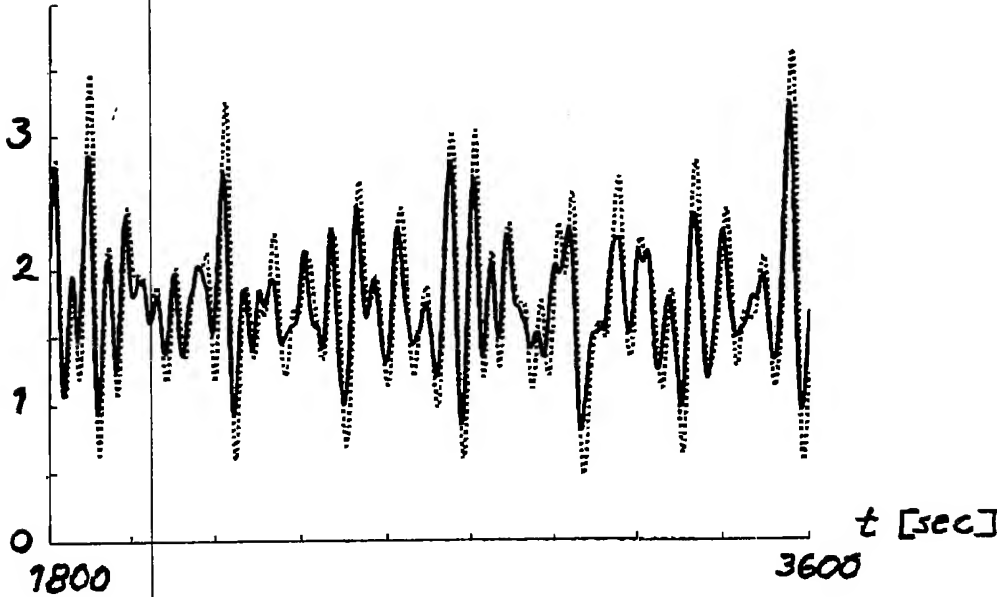


Fig 5

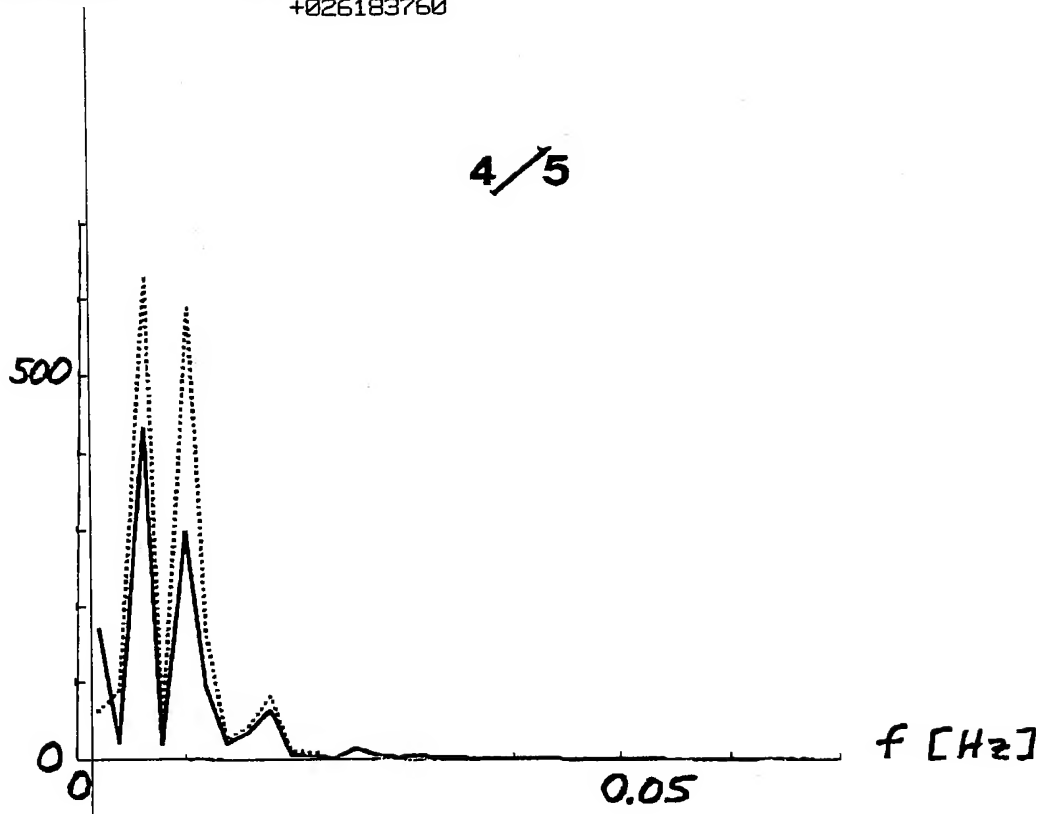


Fig 6

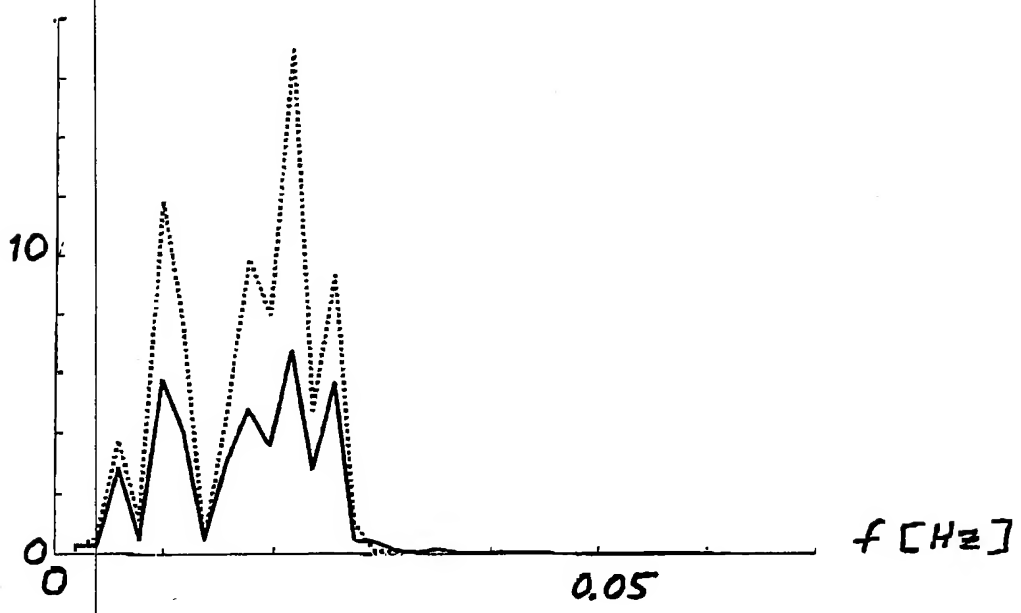
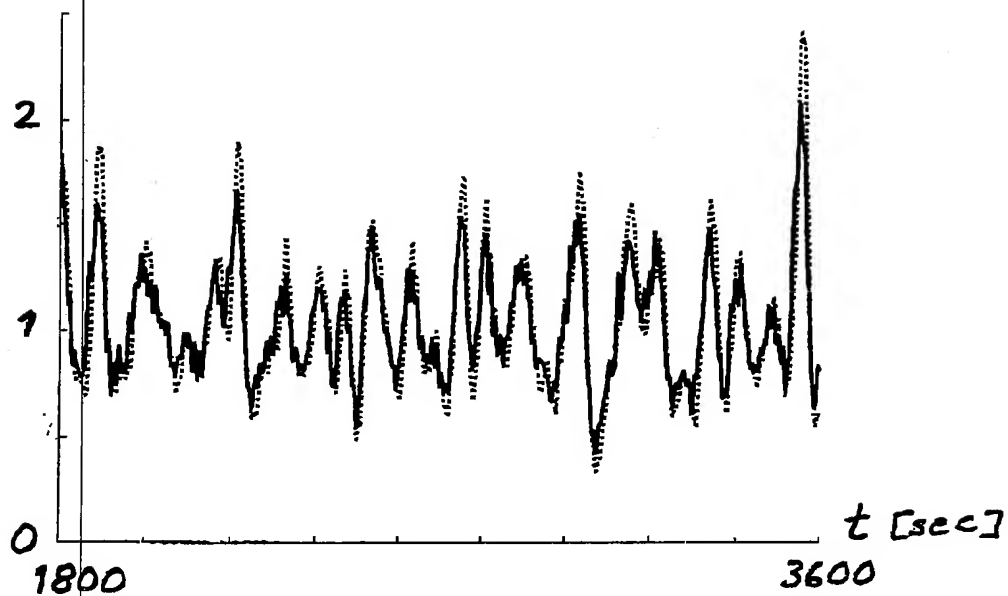


Fig 7

5/5

Fig 8